

ствующие  $l_s^{\max}, l_d^{\max}$  и  $l_s^{\min}, l_d^{\min}$ . После обращения к исполнительному процессору (рис.1) определяются  $\Delta_s^{\max}, \Delta_d^{\max}$  и  $\Delta_s^{\min}, \Delta_d^{\min}$ . На основе полученных значений  $\Delta$  находят  $l_s^{opt}$  и  $l_d^{opt}$ , соответствующие нормируемым значениям  $\Delta$ . С учетом исходных данных,  $\Delta_s^{opt}, \Delta_d^{opt}$  и заданных ограничений производят множество расстановок вертикальных элементов.

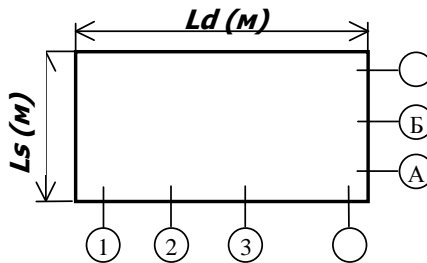


Рис.4 – Схема этажа здания по наружному обмеру с осевой разбивкой

В заключение отметим, что реализация экспертных систем по построению рациональных конструктивных схем будет особенно важной при создании новых технологий проектирования, основанных на информационно-логической модели объекта – «виртуальный объект». Тогда появится необходимость в автоматическом построении конструктивных схем только на основе архитектурных данных об объекте.

*Получено 24.12.2002*

УДК 624.21

В.П.КОЖУШКО, канд. техн. наук, И.Н.ЛЫСЯКОВ

*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕДИНИЧНЫХ РЕАКТИВНЫХ УСИЛИЙ В ПОЛОСАХ НА ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ ПО ЭМПИРИЧЕСКИМ ФОРМУЛАМ

Приведена методика определения единичных реактивных усилий под концами полос (балок) на упругом основании, описываемом разными моделями по эмпирическим формулам, полученным с применением составленных одним из авторов таблиц единичных усилий.

В работе [1] приведены методика расчета полос на комбинированном линейно-деформируемом основании и таблицы единичных реактивных усилий, углов поворота и относительных осадок от различных внешних нагрузок и пригрузок. Работа [2] посвящена расчету полос на линейно-деформируемом слое конечной толщины. Анализ таблиц единичных реактивных усилий, приведенных в [2], показал, что при разной толщине грунтового слоя, вводимого в расчет, грунтовое основание работает как линейно-деформируемая полуплоскость, как линейно-деформируемый слой конечной толщины или как винклеровское основание (при малой мощности слоя). Таким образом, пользуясь методикой расчета, приведенной в [2], можно рассчитать конструкции на грунтовом основании, описываемом тремя моделями.

При расчете балок и полос на линейно-деформируемой четвертьплоскости следует воспользоваться разработками и таблицами, составленными одним из авторов и приведенными в [3,4]. В работе [5] представлена методика расчета балок на линейно-деформируемом полупространстве.

Во всех упомянутых работах [1-5] для решения задачи использовался метод Б.Н.Жемочкина [6]. При реализации задачи короткую полосу (балка) разбивали на пять равных участков, а фиктивную заделку вводили на левом конце рассчитываемого элемента. В связи с этим реактивные усилия получены только в местах установки стерженьков, т.е. под серединами участков разбивки полосы.

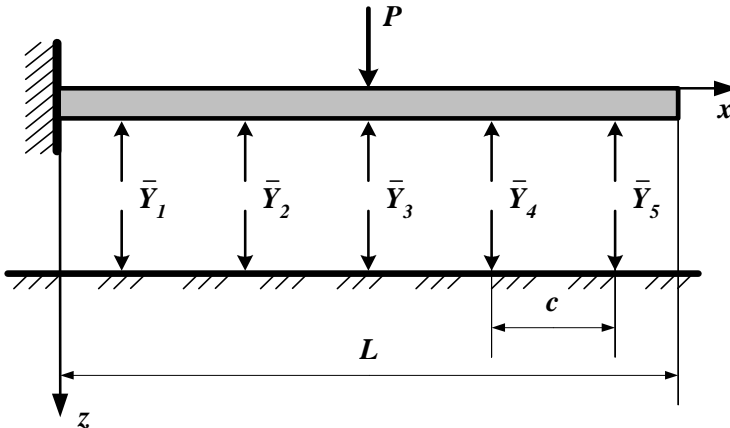
При расчете длинных полос, шарнирно-сочлененных или ступенчатых полос, полос с опиранием на шарнирные опоры или полос с защемленными концами [1, 2] надо знать реактивные давления под концами рассчитываемого элемента. По методике расчета, изложенной в [1, 2], концевые давления определяли путем построения графиков единичных реактивных усилий и экстраполяции этих графиков для нахождения концевых единичных усилий и определения с помощью переводных формул [1, 2] концевых реактивных давлений. При экстраполяции графиков можно получить концевые единичные усилия с некоторой ошибкой, связанной с масштабом построения графиков единичных реактивных усилий.

Более точные величины реактивных усилий, а, значит, и концевых давлений можно получить, аппроксимируя кривые единичных реактивных усилий степенной функцией четвертой степени

$$\bar{Y}_i = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4, \quad (1)$$

где  $x$  – абсцисса  $i$ -й точки, в которой определяется единичное реактивное усилие. Начало координат принято на левом конце полосы

(балки), ось  $x$ -в расположена горизонтально (вдоль рассчитываемого элемента), положительное ее направление принято вправо от начала координат (рисунок);  $a_0 \div a_4$  – коэффициенты, которые зависят от вида и места приложения внешней нагрузки или пригрузки, от принятой модели грунтового основания и от величины показателя гибкости  $\alpha$  системы “полоса-грунт” [1-5], а при расчете на линейно-деформируемом слое конечной толщины [2] – еще от относительной толщины грунтового слоя  $c/H$ , где  $c$  – длина участка разбивки полосы,  $H$  – мощность слоя конечной толщины. При расчете полос на комбинированных основаниях [1] коэффициенты ( $a_0 \div a_4$ ) также зависят от мощности слоя и коэффициента Пуассона грунта основания.



Основная схема полосы на грунтовом основании

Для определения коэффициентов ( $a_0 \div a_4$ ) надо иметь значения единичных реактивных усилий  $Y_i$  в пяти точках. Реактивные усилия следует находить по соответствующим таблицам работ [1, 2, 4]. При подстановке  $x_1 = 0,5c$  свободный член равен  $-\bar{Y}_1$ , при  $x_2 = 1,5c$   $-\bar{Y}_2$ , при  $x_3 = 2,5c$   $-\bar{Y}_3$ , при  $x_4 = 3,5c$   $-\bar{Y}_4$  и, наконец, при  $x_5 = 4,5c$   $-\bar{Y}_5$ . Таким образом, для определения коэффициентов ( $a_0 \div a_4$ ) необходимо решить систему из пяти уравнений, матрица которой приведена ниже.

В матрице (2) последний столбец представляет единичные реактивные усилия, взятые из таблиц [1, 2, 4]. Решение системы уравнений предполагается выполнять методом Гаусса или на ПЭВМ с применением MathCAD:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0,5c & 0,25c & 0,125c & 0,0625 & -\bar{Y}_1 \\ 1 & 1,5c & 2,25c & 3,375c & 5,0625 & -\bar{Y}_2 \\ 1 & 2,5c & 6,25c & 15,625 & 39,0625 & -\bar{Y}_3 \\ 1 & 3,5c & 12,25c & 42,875 & 150,0625 & -\bar{Y}_4 \\ 1 & 4,5c & 20,25c & 91,125 & 410,0625 & -\bar{Y}_5 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Можно принять  $c = 1$  м, т.е. задачу решать для полосы длиной  $L = 5$  м. Если  $c \neq 1$  м, т.е. длина полосы (балки)  $L > 5$  м или  $L < 5$  м, то полученные для полосы  $L = 5$  м коэффициенты ( $a_0 \div a_4$ ) следует разделить:  $a_0$  – на единицу,  $a_1$  – на  $c$ ,  $a_2$  – на  $c^2$ ,  $a_3$  – на  $c^3$  и  $a_4$  – на  $c^4$ . Таким образом, при использовании предлагаемой методики расчета первые пять столбцов матрицы (2) не будут зависеть ни от длины полосы, ни от модели грунта, ни от вида и места приложения внешней нагрузки или пригрузки, ни от других ранее упомянутых факторов. Все эти факторы учитываются в последнем столбце матрицы (2).

При ручном счете после преобразований методом Гаусса (прямой ход) первые пять столбцов матрицы будут иметь следующий вид:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0,5 & 0,25 & 0,125 & 0,0625 \\ 0 & -1 & -2 & -3,25 & -5 \\ 0 & 0 & 1 & 4,5 & 14,5 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -8 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Тогда решение задачи по определению коэффициентов ( $a_0 \div a_4$ ) заключается только в преобразовании пятого столбца матрицы (2), члены которого, как уже было сказано, зависят от вида единичной нагрузки, модели грунта, величины  $c/H$  и коэффициента Пуассона. Порядок преобразования пятого столбца приведен ниже:

$$\begin{pmatrix} \bar{Y}_1 \\ \bar{Y}_2 \\ \bar{Y}_3 \\ \bar{Y}_4 \\ \bar{Y}_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{Y}_1 \\ Y'_2 \\ Y'_3 \\ Y'_4 \\ Y'_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{Y}_1 \\ Y'_2 \\ Y''_3 \\ Y''_4 \\ Y''_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{Y}_1 \\ Y'_2 \\ Y''_3 \\ Y''_4 \\ Y'''_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \bar{Y}_1 \\ Y'_2 \\ Y''_3 \\ Y''_4 \\ Y'''_5 \end{pmatrix} \cdot \quad (4)$$

Естественно, что при машинном счете эти преобразования не нужны, просто первая часть в матрице из пяти столбцов будет постоянной, а пятый столбец нужно будет каждый раз вводить в зависимости от перечисленных ранее факторов.

Рассмотрим пример расчета полосы длиной  $L=5$  м на линейно-деформируемом слое конечной толщины [2] мощностью  $c/H = \frac{1}{32}$  при показателе гибкости системы “полоса-грунт”  $\alpha=0$ , нагруженной посередине сосредоточенной единичной силой  $P/b=1$ . Из работы [2] находим, что

$$\bar{Y}_1 = \bar{Y}_5 = 0,2881; \quad \bar{Y}_2 = \bar{Y}_4 = 0,1433; \quad \bar{Y}_3 = 0,1358,$$

т.е. последний столбец матрицы (2) будет иметь вид

$$\begin{pmatrix} -0,2881 \\ -0,1433 \\ -0,1358 \\ -0,1433 \\ -0,2881 \end{pmatrix}.$$

После решения системы уравнений на ПЭВМ с использованием системы компьютерной математики MathCAD получаем

$$\bar{Y}_i = 0,51709 - 0,62352x + 0,37950x^2 - 0,10192x^3 + 0,01019x^4.$$

Система симметрична и нагружена симметричной внешней нагрузкой, поэтому имеем:

$$\text{при } x=0 \text{ (под левым концом полосы)} \quad \bar{Y}_0 = 0,517;$$

$$\text{при } x=5 \text{ м (под правым концом полосы)} \quad \bar{Y}_6 = 0,517.$$

Для проверки полученного решения подставим  $x=0,5$  м, т.е. определим  $\bar{Y}_1$  под первым стерженьком (см. рисунок)  $\bar{Y}_1 = 0,2881$ .

Аналогичные решения могут быть получены для других внешних нагрузок, для других моделей грунта и для других упомянутых ранее факторов.

1. Кожушко В.П. Расчет конструкций на комбинированном упругом основании: Монография. – Харьков: ХАДИ, 1987. – 219 с. – (Деп. во ВНИИИС, №7823). Библиографический указатель депонированных работ. – 1988. – Вып. 1.

2. Кожушко В.П. Расчет инженерных конструкций на линейно-деформируемом слое конечной толщины: Уч. пособие. – К.: УМК ВО, 1990. – 108 с.

3. Кожушко В.П. Расчет свай как балок на линейно-деформируемой четверть-плоскости // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1982. – №3. – С. 60-63.

4. Кожушко В.П. Розрахунок циліндричних фундаментів як стрічок на лінійно-деформівній чвертьплощині // Автомоб. дороги і дор. буд-во. Вип. 32. – К.: Будівельник, 1983. – С. 67-71.

5. Кожушко В.П. Щодо розрахунку довгих балок на лінійно-деформівному напів-просторі // Автомоб. дороги і дор. буд-во. Вип. 46. – К.: Будівельник, 1990. – С. 54-62.

6. Жемочкин Б.Н., Сеницын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. – М.: Госстройиздат, 1962. – 239 с.

*Получено 17.12.2002*

УДК 624.131.531 + 624.012.4

Ю.Л.ВИННИКОВ, В.В.ПОГРЕБНОЙ, кандидаты техн. наук, С.В.ХАЗИН  
*Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка*

## **ИНЖЕНЕРНАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА СВАЙНЫХ АНКЕРОВ С УШИРЕНИЯМИ ПО ДЛИНЕ СТВОЛА**

Излагается инженерный метод расчета несущей способности свайных анкеров с уширениями по длине ствола, учитывающий форму и размеры вовлекаемого в работу «тела выпора», вид грунта и характеристики его прочности. Приведена проверка анкеров по материалу.

Инженерные методы расчета анкерных фундаментов справедливы, главным образом, для стадии упругой работы грунта и в полной мере не учитывают все особенности их возведения и последующего взаимодействия с основанием как в случае математического моделирования в физически и геометрически нелинейной постановке или в результате статических испытаний. Однако на базе комплексных исследований для отдельных групп грунтовых анкеров можно обосновать приближенные методы расчета их несущей способности.

При расчете анкерных фундаментов в зависимости от формы «тела выпора» выделяют три подгруппы: первая – «тело выпора» в виде цилиндра (прямоугольной призмы), вторая – в виде усеченного конуса (пирамиды), третья – в вертикальном сечении криволинейной формы. Как показали натурные и численные (МКЭ) исследования напряженно-деформированного состояния оснований свайных анкеров с ушире-